

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 654

Ontwikkeling en evaluatie van technieken ter verlaging van stofconcentraties in varkensstallen

December 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Dit onderzoek is gesubsidieerd door het
Productschap Vee en Vlees en de
Provincie Noord-Brabant



Provincie Noord-Brabant



Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel
van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek,
2012

Overname van de inhoud is toegestaan,
mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research (formeel ASG
Veehouderij BV) aanvaardt geen aansprakelijkheid
voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik
van de resultaten van dit onderzoek of de
toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research, formeel 'ASG
Veehouderij BV', vormt samen met het Centraal
Veterinair Instituut en het Departement
Dierwetenschappen van Wageningen Universiteit
de Animal Sciences Group van Wageningen UR.
Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV
onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze
onderzoeksoopdrachten zijn de Algemene
Voorwaarden van de Animal Sciences Group
van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de
Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

This report describes a research project in
which a selection of five techniques for
reduction of dust concentrations inside pig
houses were demonstrated, optimized and
evaluated for their dust reducing potential and
yearly costs.

Keywords

Pigs, dust, exposure, reduction

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

A. Winkel
J. Belgers
B. Peters
I. Vermeij
H.H. Ellen

Titel

Ontwikkeling en evaluatie van technieken ter
verlaging van stofconcentraties in
varkensstallen

Rapport 654

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een onderzoeksproject
waarin een selectie van vijf technieken ter
verlaging van stofconcentraties in
varkensstallen werd gedemonstreerd,
geoptimaliseerd en geëvalueerd op hun
stofreducerend potentieel en jaarlijkse kosten.

Trefwoorden

Varkens, stalstof, blootstelling, reductie

Rapport 654

Ontwikkeling en evaluatie van technieken ter verlaging van stofconcentraties in varkensstallen

Development and evaluation of techniques to mitigate dust concentrations in pig houses

A. Winkel
J. Belgers
B. Peters
I. Vermeij
H.H. Ellen

December 2012

Samenvatting

In lucht zitten, hoe schoon ook, altijd kleine, vaste en vloeibare deeltjes. Dit wordt 'Particulate Matter' (PM) genoemd. De deeltjes met een diameter kleiner dan 10 µm (een honderdste millimeter), worden aangeduid met 'PM10'. Deze kleine deeltjes zijn in staat diep in de luchtwegen van mens en dier door te dringen en kunnen de gezondheid schaden. Zowel bij de sector als de overheid bestaat de wens om de concentraties van stalstof in de lucht te verlagen door het ontstaan van stof bij de bron tegen te gaan. Met dit onderzoek werd beoogd om een selectie van vijf stofreductietechnieken te demonstreren, waar nodig te optimaliseren in samenwerking met leveranciers, te beproeven op hun perspectief om de stofconcentraties in varkensstallen te verlagen, en hun investeringskosten en jaarkosten inzichtelijk te maken.

Daartoe is een praktijkonderzoek uitgevoerd op Varkens Innovatie Centrum (VIC) Sterksel van Wageningen UR. De vijf technieken (IC-ionIC, RCI, Olienippel, Airlife en Flimmer filter) werden geïnstalleerd in vijf identieke afdelingen van een vleesvarkenstal, terwijl een zesde identieke afdeling zonder stofreductiesysteem als controle diende. De ronde bestond uit vier proefperiodes. In elke proefperiode werden de technieken waar nodig aangepast waarna het effect daarvan met metingen van PM10 stof, ammoniak, koolstofdioxide, ventilatiedebiet, ozon, olieverbuijk en elektriciteitsverbruik werd geëvalueerd. Op grond van de informatie verstrekt door de leveranciers van de technieken zijn tevens de investeringskosten en jaarkosten berekend.

Uit dit onderzoek (met de beschreven proefopzet en de huidige stand der technieken) worden de volgende conclusies getrokken.

- Het IC-ionIC verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 36%. Deze reductie is zeer constant over de groeiperiode van de varkens. Het systeem produceert geen of weinig (minder dan meetbaar) ozon. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 0,6 kWh per dag (25 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 3,18 per varkensplaats per jaar.
- Het RCI systeem heeft geen effect op de concentratie van PM10 stof, de reductie bedraagt gemiddeld 0,1%. Het systeem produceert ozon, maar op afstanden groter dan 30 cm van de uitblaasopening is dit reeds niet meer te meten. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 1,2 kWh per dag (50 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 2,84 per varkensplaats per jaar.
- De olienippel verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 62%. Deze reductie is zeer constant over de groeiperiode van de varkens. Het olieverbuijk van het systeem bedraagt 6 ml/dag per varken. Het systeem heeft geen zichtbaar effect op de huid van de varkens. De jaarkosten van het systeem bedragen € 5,30 per varkensplaats per jaar.
- Het Airlife systeem heeft geen effect op de concentratie van PM10 stof, de reductie bedraagt gemiddeld 3,4%. Het systeem produceert ozon, maar op afstanden groter dan 30 cm van de uitblaasopening is dit reeds niet meer te meten. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 19,5 kWh per dag (813 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 17,10 per varkensplaats per jaar.
- Het Flimmer filter verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 28%. De reductie varieerde tussen 23 en 39%. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 4,2 kWh per dag (176 W; recirculatiedebiet op 75% van het maximum). De jaarkosten van het systeem bedragen € 7,13 per varkensplaats per jaar.
- Voor alle technieken is een lagere ammoniakconcentratie gevonden t.o.v. de controle; ook voor technieken waarbij ammoniakverwijdering op grond van het werkingsprincipe niet mogelijk is (Flimmer filter) of waarbij dit in eerder onderzoek niet is gevonden (IC-ionIC; bij pluimvee). De ventilatiedebieten, het aantal varkens, de mate van hokbevuiling, enzovoort, waren zeer vergelijkbaar tussen de proefafdelingen. Dit verschil moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan een relatief hoge concentratie in de controleafdeling. Gezien hun werkingsprincipe hebben het RCI systeem, Airlife systeem en de Olienippel daarnaast mogelijk een effect op de ammoniakconcentratie. Of deze technieken werkelijk een ammoniakverlaging bewerkstelligen kan op grond van dit onderzoek niet met zekerheid worden geconcludeerd. Een proefopzet met meer herhalingen (in de ruimte en in de tijd) en met een nauwkeuriger meetmethode (bijvoorbeeld met natchemische ammoniakmetingen) kan hierover zekerheid geven.
- De varkens uit de drie afdelingen met technieken die de PM10 concentratie verlagen (IC-ionIC, Flimmer filter en Olienippel) laten minder longafwijkingen bij het slachten zien dan de varkens

uit de afdelingen zonder wezenlijke stofreductie (Controle, RCI en Airlife). Verder onderzoek is vereist om te bepalen of dit effect reproduceerbaar is.

- Voor geen van de vijf stofreductietechnieken is een wezenlijke verbetering gevonden van de technische resultaten. Een licht hogere voederconversie in de afdelingen met het RCI systeem, Airlife systeem en Flimmer filter houdt mogelijk verband met een licht hogere onderhoudsbehoefte van de varkens t.g.v. een hogere luchtstroming door deze systemen.

Dit onderzoek is gesubsidieerd door het Productschap Vee en Vlees (PVV) en de Provincie Noord-Brabant

Summary

No matter how clean air may be, it always contains very tiny solid and liquid particles. These particles are called 'Particulate Matter' (abbreviated as 'PM'). Particles with a diameter smaller than 10 μm (one hundredth of a millimetre) are abbreviated as 'PM10'. These tiny particles are able to penetrate deeply into the airways of humans and animals and are a health hazard. Both Dutch pig producers and Dutch governments have a desire to reduce concentrations of dust inside pig houses by taking measures at the source; inside the house. This study aimed: to demonstrate a selection of five dust reduction techniques, to optimize the techniques in cooperation with their manufacturers, to evaluate their dust reducing potential and to provide insight in their investment and yearly costs.

Therefore, a semi-practical experiment was carried out at the Pig Innovation Centre VIC Sterksel of Wageningen UR. The selected five systems (IC-ionIC, RCI, Oil applicator, Airlife and Flimmer filter) were installed in five identical rooms of the finishing pig house of VIC Sterksel, whereas a sixth identical room without any system served as control. The experimental period consisted of four phases. In each phase, the systems were adjusted where needed and the effect of these optimizations were evaluated by measurements of PM10, ammonia, carbon dioxide, ventilation exchange rate, ozone, oil use and electricity use. Based on the information provided by the manufacturers, the investments and yearly costs were calculated.

From this study (with the described experimental setup and developmental phase of techniques tested), the following conclusions are drawn:

- The IC-ionIC reduces the concentration of PM10 by an average of 36%. This reduction is very stable throughout the growing period of the pigs. The system produces no or very little (below detection limits) amounts of ozone. The electricity use of the system in a room with 72 pigs is 0.6 kWh per day (25 W). The yearly costs of the system are € 3.18 per pig place per year.
- The RCI system does not reduce the concentration of PM10; the average reduction was 0.1%. The system produces ozone, but concentrations are undetectable at 30 cm and further from the air blower opening. The electricity use of the system in a room with 72 pigs is 1.2 kWh per day (50 W). The yearly costs of the system are € 2.84 per pig place per year.
- The Oil applicator reduces the concentration of PM10 by an average of 62%. This reduction is very stable throughout the growing period of the pigs. The oil application rate of the system was 6 ml per pig per day. The system has no visible effect on the skin of the pigs. The yearly costs of the system are € 5.30 per pig place per year.
- The Airlife system does not reduce the concentration of PM10; the average reduction was 3.4%. The system produces ozone, but concentrations are undetectable at 30 cm and further from the air blower opening. The electricity use of the system in a room with 72 pigs is 19.5 kWh per day (813 W). The yearly costs of the system are € 17.10 per pig place per year.
- The Flimmer filter reduces the concentration of PM10 by an average of 28%; the reductions measured varied between 23 and 39%. The electricity use of the system in a room with 72 pigs is 4.2 kWh per day (176 W; recirculation rate at 75% of maximum). The yearly costs of the system are € 7.13 per pig place per year.
- For all five systems, lower ammonia concentrations are found as compared to the control room. This is also the case for systems that have no working principle for ammonia (e.g. the Flimmer filter) and for systems that have not shown effects on ammonia in previous research (e.g. the IC-ionIC, in poultry). Ventilation exchange rates, pig numbers, the extend of pen fouling, etcetera, were all very similar between rooms. The difference in ammonia concentration is probably due to a relatively higher concentration in the control room. Based on their working principles, the RCI system, the Airlife system and the Oil applicator may have an effect on ammonia concentrations. Whether or not these system truly reduce ammonia concentrations cannot be concluded with certainty. An experiment with more repetitions (physical and in time) and a measurement method with a higher accuracy (such as acid traps) would be necessary to yield conclusions with certainty.
- For the pigs from the three rooms with systems that reduce the PM10 concentration (IC-ionIC, Flimmer filter and Oil applicator) less lung abnormalities during slaughter are found in comparison to the three rooms that have no PM10 reduction (Control, RCI, Airlife). Further research is necessary to ascertain that this effect is reproducible.
- For none of the five dust reduction systems a substantial improvement of pig performance was found. A slightly higher feed conversion for the RCI system, Airlife system and Flimmer filter

may reflect a higher energy need for maintenance of body temperature caused by a higher air flow of these systems.

This study was subsidized by the Dutch Product Board for livestock and meat (PVV) and the province of Noord-Brabant.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Systeembeschrijvingen	2
2.1	IC-ionIC (Inter Continental)	2
2.2	Radiant Catalytic Ionizing (RCI) systeem (Vet-in-air)	2
2.3	Olienippel (MS Schippers)	3
2.4	Airlife systeem (Luwaterc en Multiheat)	3
2.5	Flimmer filter (Zehnder Clean Air Solutions)	4
3	Praktijkonderzoek: demonstreren, ontwikkelen en testen	5
3.1	Opzet van het praktijkonderzoek	5
3.2	Metingen en waarnemingen	5
3.3	Resultaten	6
3.3.1	Proefperiode 1	6
3.3.2	Proefperiode 2	8
3.3.3	Proefperiode 3	10
3.3.4	Proefperiode 4	10
3.3.5	Technische resultaten over de gehele proefperiode	12
3.3.6	Karkas- en orgaanbemerkingen bij slachten	12
3.3.7	Hokken met olienippels: gladheid, reiniging en huidafwijkingen	13
4	Berekening van investeringen en jaarkosten	14
4.1	Uitgangspunten en rekenmethode	14
4.2	Kosten IC-ionIC	14
4.3	Kosten Radiant Catalytic Ionizing (RCI) systeem	15
4.4	Kosten Olienippels	16
4.5	Kosten Airlife systeem	16
4.6	Kosten Flimmer filter	17
5	Conclusies	18
	Literatuur	19
	Bijlagen	20
	Bijlage 1 Details van de proefafdelingen	20

1 Inleiding

In lucht zitten, hoe schoon ook, altijd kleine, vaste en vloeibare deeltjes. Dit wordt 'Particulate Matter' (PM) genoemd. De deeltjes met een diameter kleiner dan 10 µm (een honderdste millimeter), worden aangeduid met 'PM10'. Deze kleine deeltjes zijn in staat diep in de luchtwegen van mens en dier door te dringen en kunnen de gezondheid schaden. Er bestaat geen wettelijke of publieke grenswaarde voor stof in de werkomgeving. Donham en Cumro (1999) adviseren op grond van epidemiologisch onderzoek onder varkenshouders en pluimveehouders te streven naar stofconcentraties van maximaal 0,16 mg/m³ voor respirabel stof (~PM4) en 2,40 mg/m³ voor totaalstof (~PM100). Concentraties van PM10 in de buitenlucht zijn normaliter lager dan 0,05 mg/m³. Varkenshouders staan tijdens het werk in de stallen bloot aan stofconcentraties die een veelvoud zijn van deze waarden (Takai et al., 1998). Hierdoor komen onder varkenshouders relatief veel longproblemen voor, zoals astma en COPD, maar ook algemenere klachten als hoesten en een verminderde longfunctie (Bongers et al., 1987; Preller, 1995; Van der Gulden et al., 2002). Het stof in varkensstallen is voornamelijk afkomstig van ingedroogde mest en urine, maar ook van huidschilfers, haren, voer en strooisel (Aarnink et al., 2011). De schadelijkheid van stalstof wordt vermoedelijk vooral veroorzaakt door het in het stof aanwezige endotoxine (Vogelzang et al., 1998). Verwacht wordt dat door het verlagen van de PM10 concentratie in varkensstallen een vergelijkbare verlaging van de endotoxineconcentraties wordt bereikt.

In het internationale veehouderijonderzoek, waaronder in Nederland, zijn in het verleden diverse oplossingsrichtingen voor stofreductie aan de bron (in de stal) uitgewerkt (Winkel et al., 2011b). Ook zijn er al diverse initiatieven geweest en gaande om de nadelige effecten van stalstof onder de aandacht te brengen bij varkenshouders, hun gezinsleden en eventuele medewerkers. Voorbeelden hiervan zijn het project '*Stof? Pak 't aan*'¹ en het netwerk '*Stof tot nadenken*'. Dit alles heeft echter nog niet geleid tot een brede doorontwikkeling van deze oplossingsrichtingen tot marktrijpe en commercieel beschikbare bronreductietechnieken door het bedrijfsleven. Recente ontwikkelingen en onderzoeken in de pluimveehouderij (Ogink and Aarnink, 2011) bieden hernieuwde kansen om stofreductiemaatregelen ook voor de varkenshouderij beschikbaar te maken. Zowel bij de sector als de overheid bestaat er de wens om de concentraties van stalstof in de lucht te verlagen door het ontstaan van stof bij de bron tegen te gaan. Dit was reden voor het Productschap Vee en Vlees (PVV) en de provincie Noord-Brabant om opdracht te geven tot dit onderzoek.

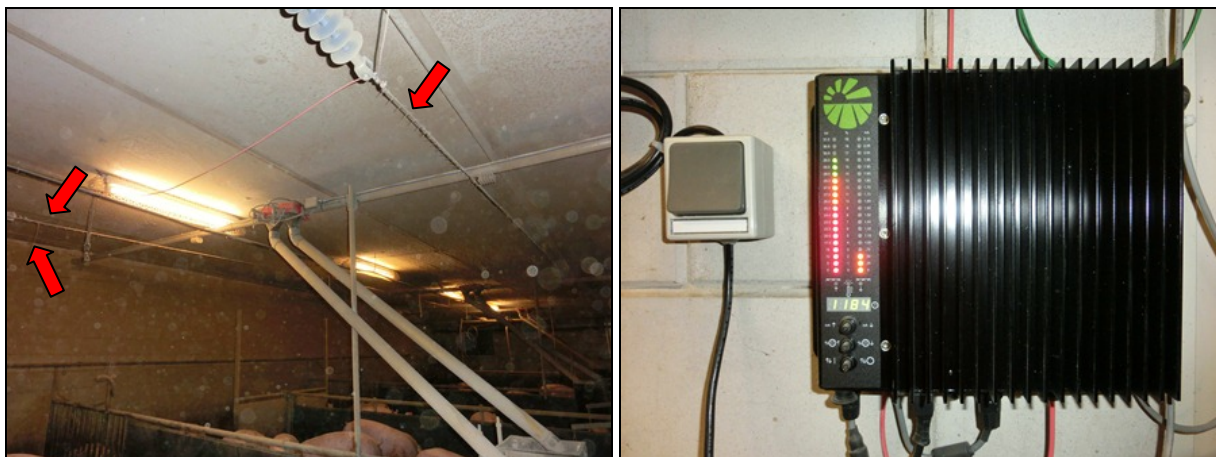
Met dit onderzoek werd nu beoogd om een selectie van vijf stofreductietechnieken te demonstreren, waar nodig te optimaliseren in samenwerking met leveranciers, te beproeven op hun perspectief om de stofconcentraties in varkensstallen te verlagen, en hun investeringskosten en jaarkosten inzichtelijk te maken.

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de vijf technieken in dit onderzoek. In hoofdstuk 3 wordt het praktijkonderzoek beschreven waarin de technieken zijn gedemonstreerd, waar nodig geoptimaliseerd en beproefd op hun stofreducerend vermogen. In hoofdstuk 4 worden de investeringen en jaarkosten van de technieken weergegeven voor een 'standaard vleesvarkensstal'. Het rapport wordt afgesloten met de conclusies.

¹ <http://www.pakstofaan.nl/>

2 Systeembeschrijvingen

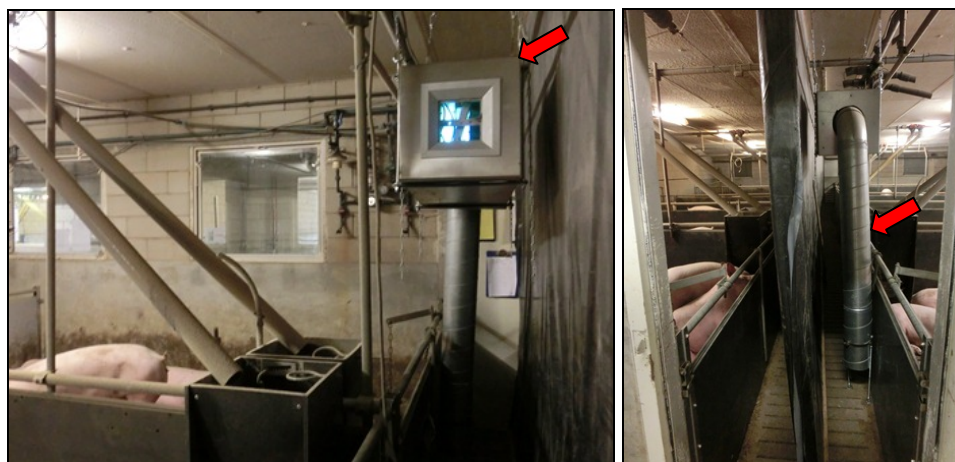
2.1 IC-ionIC (Inter Continental)



Figuur 1 Foto's van het IC-ionIC systeem. Links: drie coronalijnen (rode pijlen) met naaldvormige elektroden in proefafdeling N2L. Rechts: de hoogspanningsvoeding op de centrale gang

Het IC-ionIC systeem van de firma Inter Continental² bestond uit een drietal coronadraden (ca. 12 m per coronadraad, ca. 36 m coronadraad bij 72 varkensplaatsen) met daarop kleine naaldvormige elektroden, welke door de ruimte van de proefafdeling gespannen waren. Op deze draden werd een hoge spanning gezet (-30 kV) bij een zeer laag amperege (<1 mA). Het plafond, wanden en inventaris dienden alle als (geaard) collectoroppervlak. Stofdeeltjes in de lucht ontvangen een elektrische lading van het systeem, gaan 'plakken' aan de collectoroppervlakken en worden zo uit de lucht verwijderd. Op de linker foto van Figuur 1 is de stofaanhechting zichtbaar aan het plafond. In eerder onderzoek gaf het systeem een gemiddelde PM10 reductie van 38% in een experimentele vleeskuikenstal (Cabra-López et al., 2009) en 49% in twee praktijkstallen voor vleeskuikens (Winkel et al., 2011a).

2.2 Radiant Catalytic Ionizing (RCI) systeem (Vet-in-air)



Figuur 2 Foto's van het RCI systeem boven de voergang. Links: de rode pijl geeft het Duct-station aan, zichtbaar is de uitstroomopening voor de lucht. Rechts: achterzijde van het Duct-station, zichtbaar is de buis voor het aanzuigen van lucht van onder de voergang

Het RCI systeem van de firma Vet-in-air bestond uit een hangende kast (Duct-station) welke frisse lucht aanzoo van onder de voergang. Deze lucht werd behandeld in de kast en daarna via de zichtbare opening in de kast de afdeling ingeblazen. In het Duct-station wordt de lucht behandeld met

² Voor meer informatie, zie website leverancier: <http://www.intercontinental.nl/fijnstofreductie>

inductielampen welke fotokatalytische oxidatiereacties veroorzaken. Hierbij worden vrije radicalen gevormd, zoals ozon. Het werkingsprincipe van het RCI systeem bestaat eruit dat stofdeeltjes samengebonden worden tot grotere deeltjes, uitzakken naar de vloer van de afdeling en vervolgens door de roosters naar de mestkelder worden afgevoerd.

2.3 Olienippel (MS Schippers)



Figuur 3 Foto's van de olienippels achter in de hokken

De olienippels van de firma MS Schippers bestaan uit een voorraadvaatje gevuld met plantaardige olie en een verticale staaf welke vanuit de bodem naar beneden steekt, tussen de flanken van de varkens. De staaf kan in de bodem van het vaatje scharnieren. Elke keer wanneer een varken tegen de staaf beweegt, komt er een beetje olie vrij op de staaf. Zo brengen de varkens zelf olie aan op hun huid en vervolgens op alles wat met hun huid in aanraking komt. Het werkingsprincipe van de olie bestaat eruit dat stofdeeltjes worden gebonden, zodat deze niet (opnieuw) in de lucht opgenomen worden. In totaal zijn 6 olienippels ingezet; eentje per 12 varkens. In eerder onderzoek in Engeland bleken een olieroller en olieborstel in staat de concentratie respirabel stof (~PM4) met 41-63% te verlagen, voor totaalstof (~PM100) was dit 37-83% (Osman et al., 1999).

2.4 Airlife systeem (Luwatec en Multiheat)



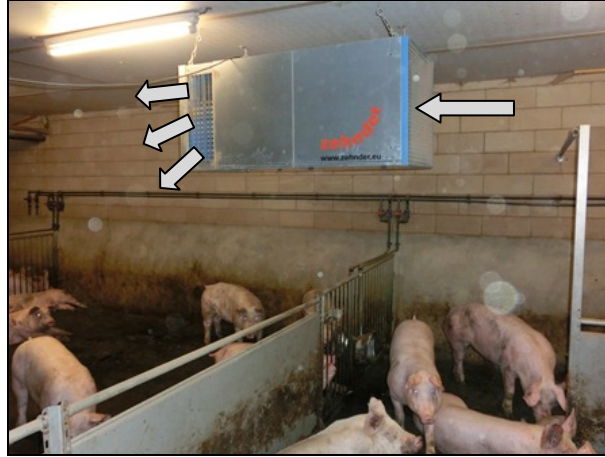
Figuur 4 Foto's van het Airlife systeem. Links: uitstroom van met Airlife behandelde lucht de afdeling in. Rechts: de luchtbehandelingskast op de centrale gang

Het Airlife systeem van de firma's Luwatec³ en Multiheat bestond uit een luchtbehandelingskast op de centrale gang. Buitenlucht werd aangezogen, behandeld in de kast en in de afdeling verspreid. In de

³ Voor meer informatie, zie website leverancier: <http://www.airlife.info/technology.asp>

luchtbehandelingskast worden zuurstofionen gevormd (O_2^- en O_2^+) die oxidatiereacties aangaan met in de lucht aanwezige (organische) componenten, welke worden omgezet in o.a. O_2 , CO_2 en H_2O . De werkzaamheid van deze techniek tegen stof in de lucht is onbekend.

2.5 Flimmer filter (Zehnder Clean Air Solutions)



Figuur 5 Foto's van de Flimmer filter. De pijlen geven de instroom van stallucht en uitstroom van gefilterde lucht weer

Het Flimmer filter (type E3000) van de firma Zehnder Clean Air Solution⁴ bestond uit een luchtbehandelingskast met achtereenvolgens een instroomopening, een voorfilter (zakkenfilter), een Flimmer filter (elektrostatisch filter), een ventilator, en een uitstroomopening. De maximale ventilatiecapaciteit van de ventilator bedroeg 3000 m³/uur. Bij de hoogste ventilatie-instelling van 75-80% werd de luchtinhoud van de afdeling (ca. 235 m³) ongeveer 10 keer per uur door de kast gezogen. Het Flimmer filter wordt vooral toegepast ter verlaging van stofconcentraties in logistieke en industriële productieruimtes. In dit onderzoek werd één kast ingezet in een afdeling met 72 varkens.

⁴ Voor meer informatie, zie website leverancier: <http://www.zehndercleanairsolutions.nl/>

3 Praktijkonderzoek: demonstreren, ontwikkelen en testen

3.1 Opzet van het praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek in dit project had als doel om de technieken te demonstreren, waar nodig te optimaliseren in samenwerking met de leveranciers en te beproeven op hun perspectief om de concentraties van stalstof te verlagen. Daartoe zijn de vijf technieken ingebouwd in vijf afdelingen van de vleesvarkensstal van VIC Sterksel van Wageningen UR, terwijl een zesde afdeling zonder stofreductietechniek als referentie diende. De afdelingen met elk 72 varkens waren zo identiek mogelijk. Een beschrijving van de afdelingen wordt weergegeven in Bijlage 1. De proef werd uitgevoerd gedurende één vleesvarkensronde (oplegdatum: 27 april 2012). De installaties van de technieken vonden plaats tot de tweede week van mei. De proef is aangemeld bij de Dier Experimenten Commissie (DEC), welke beoordeelde dat geen ongerief werd verwacht.

3.2 Metingen en waarnemingen

PM10 stof

De concentratie van PM10 stof (mg/m^3) werd gemeten met een DustTrak apparaat (DustTrak™ Aerosol Monitor, model 8520, TSI Inc., Shoreview, USA). De PM10 concentratie werd elke seconde gemeten en minuutgemiddelde concentraties werden gelogd in het geheugen van de DustTrak. De DustTraks geven een consequente onderschatting van de echte concentratie (zoals bepaald volgens CEN-EN 12341). Daarom zijn alle concentraties gecorrigeerd met de correctiefactor zoals gepubliceerd door (Cambra-Lopez et al., 2012). Per afdeling werd één DustTrak gebruikt welke werd opgehangen nabij de ventilatiekoker. Metingen werden uitgevoerd gedurende ca. 24 uur. Tussen metingen in werden DustTraks gewisseld tussen afdelingen om apparaateffecten uit te sluiten.

Ammoniak

Om een eventueel effect op de concentratie van ammoniak vast te stellen werd ook de concentratie van ammoniak gemeten met een handpomp en gasdetectiebuisjes (Kitagawa gas detection tubes, type 105SD, meetbereik 0,2–20 ppm en type 105SC, meetbereik 10–260 ppm; Komyo Rikagaku Kogyo, Japan). Gedurende een 24-uursmeting werd de concentratie viermaal bepaald, eveneens nabij de ventilatiekoker van de afdeling.

Koolstofdioxide en ventilatiedebiet

De concentratie van koolstofdioxide werd eveneens gemeten met een handpomp en gasdetectiebuisjes (Kitagawa gas detection tubes, type 126SG, meetbereik 0,02–1,4%). De gemeten CO_2 -concentraties, het gewicht van de varkens, de voeropname en de energiewaarde van het voer werden gebruikt om het ventilatiedebiet te berekenen middels de CO_2 -massabalans (CIGR, 2002; Pedersen et al., 2008). Gedurende een 24-uursmeting werd de concentratie viermaal bepaald, eveneens nabij de ventilatiekoker van de afdeling.

Overige waarnemingen

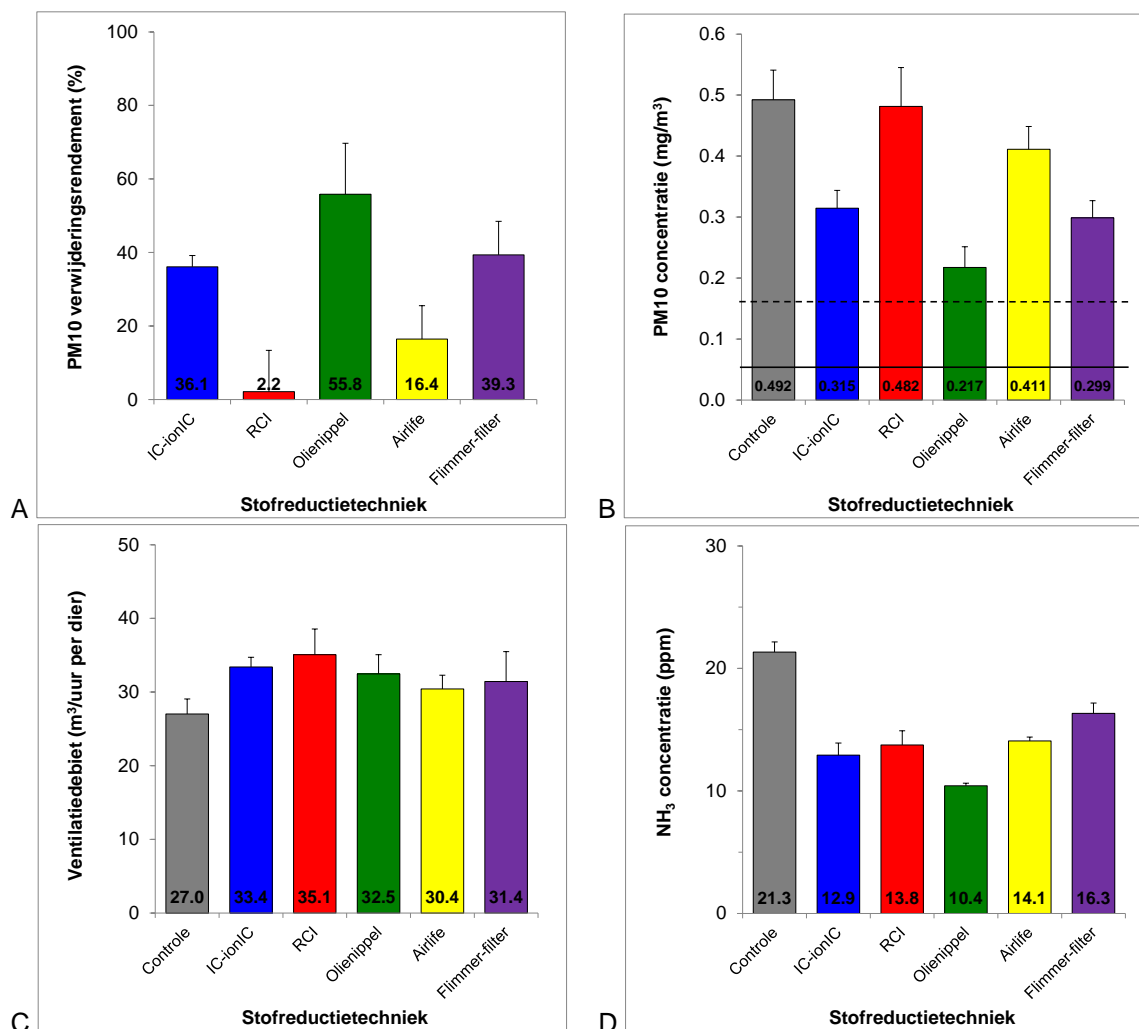
De volgende overige waarnemingen werden verricht:

- In de drie afdelingen met het IC-ionIC systeem, RCI systeem en Airlife systeem werd (tegelijk met de metingen van NH_3 en CO_2) de concentratie van ozon (O_3) gemeten met een handpomp en gasdetectiebuisjes (Kitagawa gas detection tubes, type 182U, meetbereik 0,05–1,0 ppm). Deze technieken kunnen ozon genereren wat schadelijk is voor de gezondheid (veilige grenswaarde: 0,06 ppm). De metingen van ozon werden verricht direct na binnenkomst in de afdeling, in de uitstroomopening van het systeem en nabij de ventilatorkoker van de afdeling.
- Van de vier technieken die op elektriciteit werken (IC-ionIC, RCI, Airlife en Flimmer filter) werd het stroomverbruik gemeten d.m.v. aparte stroomtellers per systeem.
- Van de olienippels werd het oliegebruik bepaald door (bij)vullingen te registreren en de olie-inhoud van de voorraadvaatjes regelmatig terug te bepalen.
- In de afdeling met de olienippels werd tijdens de dagelijkse controlerondes specifiek gelet op het eventueel optreden van irritaties of huidafwijkingen t.g.v. de plantaardige olie.

3.3 Resultaten

3.3.1 Proefperiode 1

Nadat alle technieken geïnstalleerd waren en naar tevredenheid werkten is de eerste proefperiode gestart. In totaal werden vijf metingen verricht, waarvan vier succesvol waren en werden gebruikt in de analyse. In Figuur 6 worden de resultaten van proefperiode 1 weergegeven.

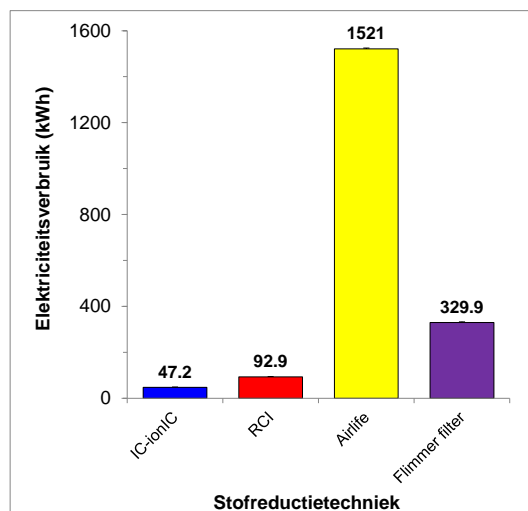


Figuur 6 Resultaten van proefperiode 1. A: gemiddelde PM10 verwijderingsrendementen. B: gemiddelde PM10 concentraties (stippellijn: geadviseerde grenswaarde voor respirabel stof (~PM4) van 0,16 mg/m³; Ondoorbroken lijn: maximaal toegestane PM10 concentratie voor buitenlucht van 0,05 mg/m³). C: gemiddelde ventilatiedebieten. D: gemiddelde ammoniakconcentraties. Op de staven zijn standaard errors (SEM) weergegeven

Uit deze eerste proefperiode bleek dat drie technieken een duidelijke verlaging van de stofconcentratie gaven (IC-ionIC, Olienippel en Flimmer filter; Figuur 6A en B). Het Airlife systeem gaf een beperkte reductie, terwijl het RCI systeem geen wezenlijke verlaging van de stofconcentratie gaf.

Opmerkelijk is dat in proefperiode 1 telkens hogere CO₂-concentraties werden gemeten in de controleafdeling, resulterend in lagere berekende ventilatiedebieten voor die afdeling (zie par. 3.2). Ook de ammoniakconcentratie in deze afdeling was telkens aanzienlijk hoger dan in de vijf proefafdelingen. Er werd ook een aanzienlijk lagere NH₃-concentratie gevonden in de afdeling met het Flimmer filter terwijl het werkingsprincipe van stoffiltratie geen effect kan hebben op de concentratie van gasvormig ammoniak.

In Figuur 7 zijn de cumulatieve elektriciteitsverbruiken van de vier stofreductietechnieken weergegeven.



Figuur 7 Cumulatieve elektriciteitsverbruiken van vier van de vijf stofreductietechnieken tussen installatie en het einde van proefperiode 1 (over 78 dagen)

Duidelijk is dat de IC-ionIC en het RCI systeem relatief weinig elektriciteit verbruikten (IC-ionIC: ca. 0,6 kWh per dag ofwel 25 W; RCI: ca. 1,2 kWh per dag ofwel 50 W). Het Flimmer filter verbruikte duidelijk meer elektriciteit met ca. 4,2 kWh per dag (176 W; recirculatiedebiet op 75% van het maximum). Het Airlife systeem kende het hoogste elektriciteitsverbruik met ca. 19,5 kWh per dag (813 W). Het olieverbod van de olienippels tijdens proefperiode 1 bedroeg ca. 6 ml per varken per dag.

Ozon kon duidelijk worden gemeten in de uitstroomopeningen van het RCI systeem en het Airlife systeem. Hier werden concentraties tot ca. 0,10 ppm gemeten. Dit is hoger dan de grenswaarde van 0,06 ppm. Echter; op ca. 30 cm van de uitstroomopening kon al geen ozon meer worden gemeten, door verdunning en reactie tot andere componenten. Ook nabij de ventilatorkoker kon geen ozon meer worden gemeten. In de afdeling met het IC-ionIC kon nergens ozon worden gemeten.

3.3.2 Proefperiode 2

Na proefperiode 1 zijn de eerste resultaten besproken in een projectbijeenkomst op VIC Sterksel met opdrachtgevers en leveranciers. Gezamenlijk is besproken welke aanpassingen een verbetering zouden kunnen geven. N.a.v. deze bijeenkomst zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- IC-ionIC: opnieuw afgesteld door de leverancier.
- RCI systeem: verplaatst van boven de hokken naar de voergang en technisch aangepast. Verder is een gazen wand ('kooi van Faraday') geplaatst aan de IC-ionIC zijde van de tussenwand om eventuele beïnvloeding van het RCI systeem door het IC-ionIC te voorkomen.
- Olienippel: geen aanpassingen.
- Airlife systeem: geen aanpassingen.
- Flimmer filter: filters vervangen en recirculatiedebiet op maximaal ingesteld.

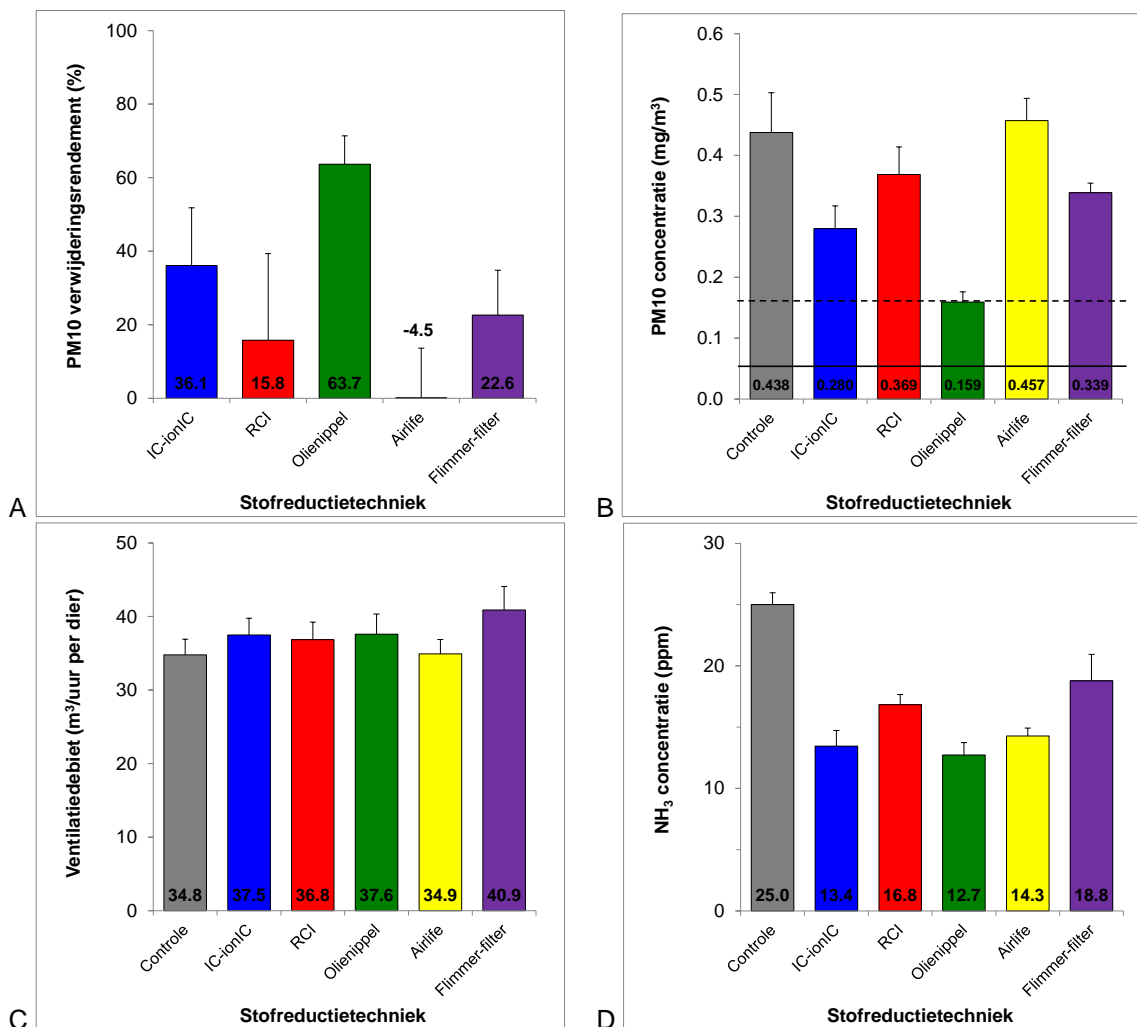
Om de hogere CO₂- en NH₃-concentraties in de controleafdeling tijdens proefperiode 1 te kunnen verklaren en mogelijk oplossen, is een aantal controles verricht.

- Het aantal varkens is geteld en het gewicht van de varkens is ingeschat. In de controleafdeling waren niet meer varkens aanwezig en waren de varkens van vergelijkbaar gewicht, hetgeen de hogere CO₂-concentraties zou kunnen hebben verklaard.
- De mate van hokbevuiling werd gescoord. Hieruit bleken geen wezenlijke verschillen tussen de zes afdelingen, hetgeen de hogere NH₃-concentraties zou kunnen hebben verklaard.
- De waarden van de temperatuursensoren in de afdeling werden gecontroleerd m.b.v. een gekalibreerd meetinstrument voor temperatuur (Testo type 435-4, Testo BV, Almere). Hieruit bleek dat de sensoren de juiste (werkelijke) temperaturen doorgaven aan de klimaatcomputer.
- Vervolgens zijn de instellingen van alle klimaatcomputers nogmaals gecontroleerd. Ook deze bleken correct en gelijk voor alle afdelingen.
- Vervolgens zijn de smookkleppen gecontroleerd. Ook hier werden geen afwijkingen gevonden.
- Vervolgens is de daadwerkelijke flow door de ventilatiekokers gemeten m.b.v. een gekalibreerd meetinstrument voor luchtsnelheid (Testo type 435-4, Testo BV, Almere). Hieruit bleek dat, ondanks de hogere CO₂-concentraties in de controleafdeling, de flow door de ventilatiekokers gelijk was voor alle afdelingen. Hieruit kon worden geconcludeerd dat de ventilatie gelijk was voor alle afdelingen; blijkbaar was er extra productie van CO₂ in de controleafdeling.
- Vervolgens is gekeken of de extra productie van CO₂ uit de mestkelder van de controleafdeling afkomstig zou kunnen zijn. Er werden inderdaad verschillen gevonden voor de mestpeilen in de afdelingen, het mestpeil in de controleafdeling bedroeg ca. 46 cm, tegen 28-49 cm in de overige afdelingen. Daarom zijn alle kelders na proefperiode 1 afgelaten.

Na deze optimalisaties aan de technieken en de afdelingen is proefperiode 2 gestart. In totaal werden drie metingen verricht. In Figuur 8 worden de resultaten van proefperiode 2 weergegeven.

Uit Figuur 8 wordt allereerst duidelijk dat de (berekende) ventilatiedebieten van de zes afdelingen na het aflaten van de mestkelders zeer dicht bij elkaar kwamen te liggen. De onderliggende CO₂-concentraties waren nu zeer vergelijkbaar tussen de afdelingen. Alleen de afdeling met het Flimmer filter leek gemiddeld iets meer te ventileren, maar het verschil met de andere afdelingen is klein. Uit de metingen van de flow door de ventilatiekoker bleek dat de afdelingen in realiteit zeer overeenkomstig ventileerden. De gemiddelde ventilatiedebieten stegen licht t.o.v. proefperiode 1. Dit is logisch omdat de varkens zwaarder zijn geworden.

De NH₃-concentraties echter, bleven aanzienlijk hoger in de controleafdeling t.o.v. de vijf proefafdelingen. Onduidelijk is waar dit door werd veroorzaakt. Het Flimmer filter kan geen ammoniak verwijderen. Van het IC-ionIC is in eerder onderzoek bij vleeskuikens nooit een effect op ammoniak gevonden (Cambrá-López et al., 2009; Winkel et al., 2011a). Het RCI systeem en het Airlife systeem zouden mogelijk enig effect op de ammoniakconcentratie kunnen hebben, terwijl de olienippels mest en hokbevuiling met een dunne film van plantaardige olie zouden kunnen 'afsluiten'. Vermoedelijk zijn de ammoniakrendementen voor het belangrijkste deel toe te schrijven aan een 'ongelukkige' controleafdeling. Daarnaast kunnen enkele technieken een effect op ammoniak hebben gehad. Dit is met deze proefopzet echter niet met zekerheid vast te stellen.



Figuur 8 Resultaten van proefperiode 2. A: gemiddelde PM10 verwijderingsrendementen. B: gemiddelde PM10 concentraties (stippellijn: geadviseerde grenswaarde voor respirabel stof (~PM4) van 0,16 mg/m³; Ondoorbroken lijn: maximaal toegestane PM10 concentratie voor buitenlucht van 0,05 mg/m³). C: gemiddelde ventilatie-debieten. D: gemiddelde ammoniakconcentraties. Op de staven zijn standaard errors (SEM) weergegeven

Het algemene beeld in de verwijderingsrendementen voor het IC-ionIC, Olienippel en Flimmer filter komt in grote lijnen overeen met proefperiode 1. Alle drie technieken gaven weer een duidelijke verlaging van de stofconcentratie. Per techniek is het beeld als volgt.

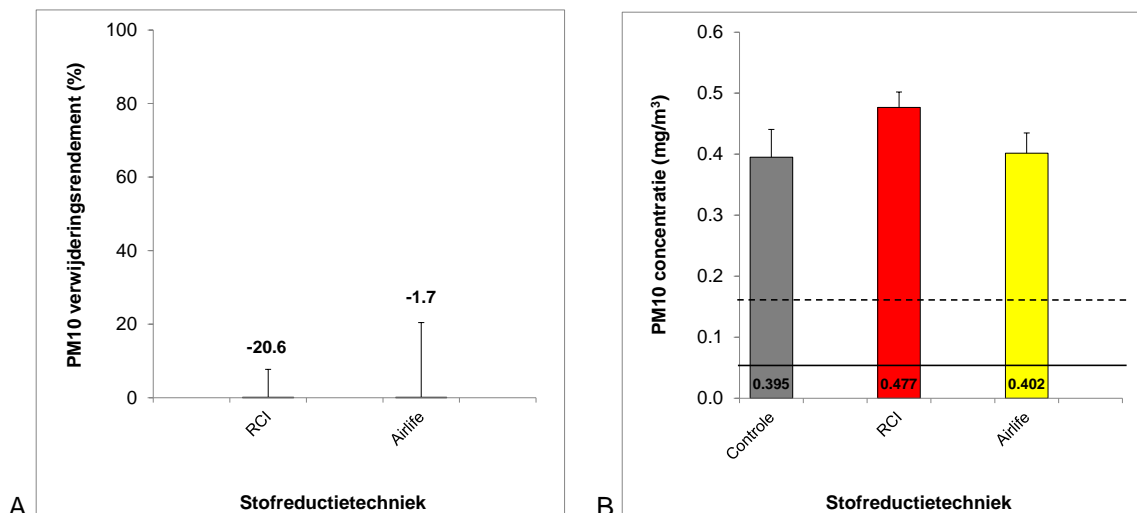
- Het gemiddelde verwijderingsrendement van het IC-ionIC was identiek aan proefperiode 1 met 36,1%.
- De Olienippel deed het nog iets beter dan proefperiode 1 met nu 63,7%. Mogelijk is dit voor een deel toe te schrijven aan een accumulerende effect van de plantaardige olie in de tijd, zoals dat ook bij pluimvee wordt gevonden. Het oliegebruik nam echter fors toe met het groter worden van de varkens en varieerde sterk tussen de nippels, tussen ca. 20 en 70 ml per varken per dag (gemiddeld 59).
- De Flimmer filter deed het minder goed dan tijdens proefperiode 1 met nu 22,6%. Mogelijk dat hier het verhogen van het recirculatie-debiet de oorzaak was. Een gevaar van recirculatie-technieken is dat bij een te forse luchtverplaatsing er geen sedimentatie ('uitzakken') van stofdeeltjes meer optreedt, zodat het stofreducerende effect (deels) teniet wordt gedaan.
- Kende het Airlife systeem in proefperiode 1 nog een beperkt verwijderingsrendement, nu kwam het systeem gemiddeld rond nul uit.
- De aanpassingen van het RCI systeem lijken enig effect te hebben gehad; het systeem gaat van 2,2% in proefperiode 1 naar 15,8% in proefperiode 2. Wel is de variatie in verwijderingsrendementen tussen de drie metingen van proefperiode 2 groot, zichtbaar aan de forse spreidingsmaat op de balk.

3.3.3 Proefperiode 3

Na proefperiode 2 is in overleg met opdrachtgevers en leveranciers besloten in proefperiode 3 een focus te leggen op het RCI en Airlife systeem. Geprobeerd is deze technieken zo optimaal mogelijk te laten functioneren. Deze technieken zijn als volgt aangepast.

- Het RCI systeem is door de leverancier uitgebreid met een tweede Duct-station.
- Het Airlife systeem heeft door de leverancier een software aanpassing gehad.

Na deze aanpassingen zijn twee metingen verricht, uitsluitend in de afdelingen met het RCI en Airlife systeem en in de controleafdeling. Om een extra gedegen beeld te krijgen zijn twee DustTraks gebruikt per afdeling/meting. Tussen metingen werden de DustTraks, zoals in alle proefperiodes, gewisseld tussen de afdelingen. In Figuur 9 worden de resultaten van proefperiode 3 weergegeven.



Figuur 9 Resultaten van proefperiode 3. A: gemiddelde PM10 verwijderingsrendementen. B: gemiddelde PM10 concentraties (stippellijn: advieswaarde voor respirabel stof (~PM4) van 0,16 mg/m³; Ondoorbroken lijn: maximaal toegestane PM10 concentratie voor buitenlucht van 0,05 mg/m³). Op de staven zijn standaard errors (SEM) weergegeven

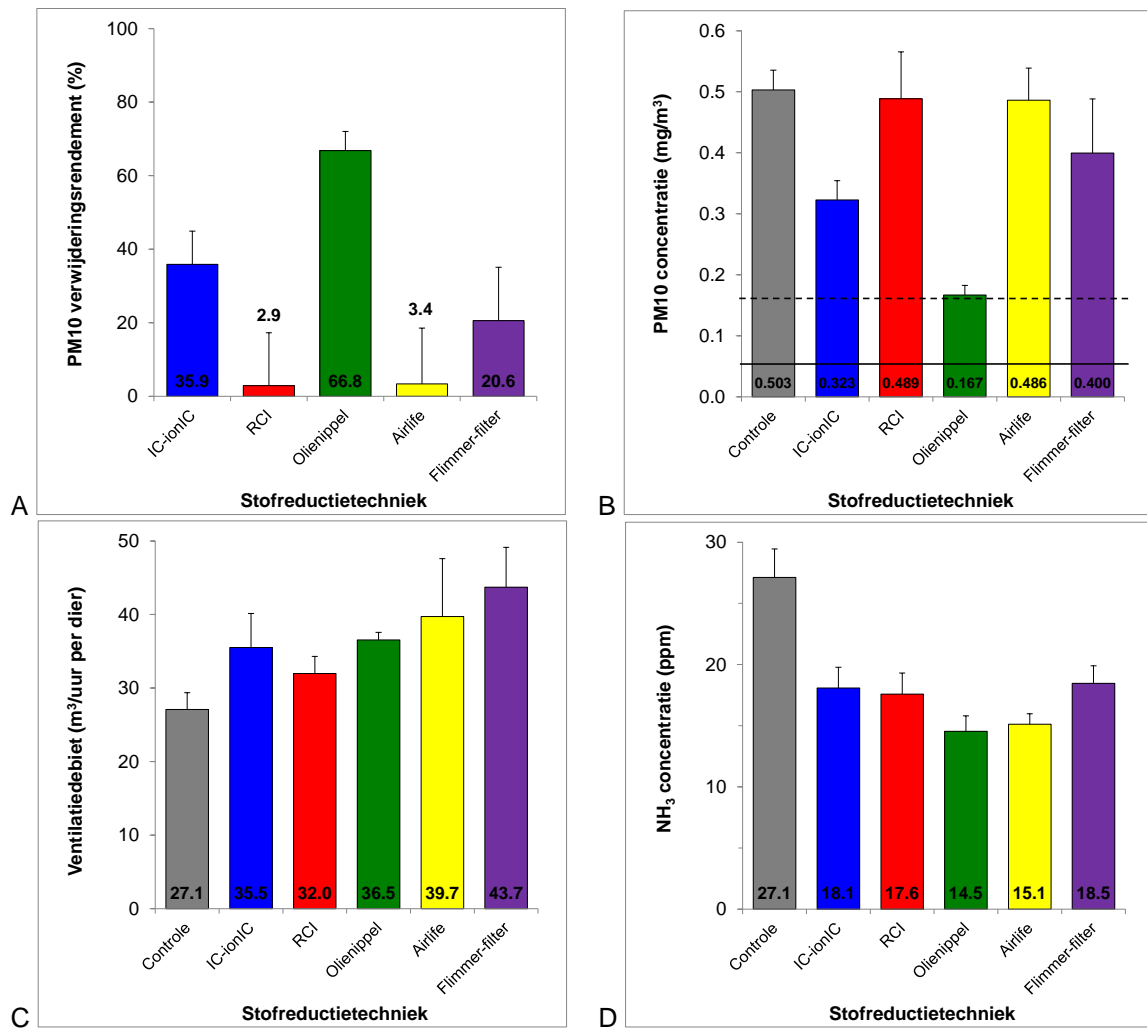
Uit de figuur blijkt dat de stofconcentraties in de twee proefafdelingen hoger lagen dan in de controleafdeling, zodat per saldo geen verwijderingsrendement werd gevonden. Voor het RCI systeem geldt, net als bij het Flimmer filter in proefperiode 2, dat het verhogen van de luchtcirculatie door het plaatsen van een tweede Duct-station, het uitzakken van deeltjes kan verminderen, zodat het systeem aan de ene kant stof verwijderd, maar door de forse luchtverplaatsingen aan de andere kant ook stof in de lucht brengt of houdt.

3.3.4 Proefperiode 4

Na proefperiode 3 zijn de volgende aanpassingen gedaan.

- IC-ionIC: geen aanpassingen
- RCI systeem: er is een nieuw type Duct-station geplaatst. Dit type had geen of minder last van eventuele beïnvloeding door het elektrisch veld van het naastgelegen IC-ionIC.
- Olienippels: de zes olienippels zijn door de leverancier aangepast om het te hoge olieconsumptie tijdens proefperiode 2 te verminderen. Uit onderzoek door de leverancier bleken de rubbers in het mechanisme poreus te zijn geworden, zodat de oliedosering veel te hoog werd. Deze onderdelen zijn vervangen.
- Airlife: geen aanpassingen meer mogelijk, het systeem draait zoals het zou moeten.
- Flimmer filter: het recirculatiedebiet is terug gebracht naar 75% van het maximum om een eventueel negatief effect op het uitzakken van stofdeeltjes te voorkomen.

Na deze aanpassingen zijn in proefperiode 4 vier metingen verricht. In Figuur 10 worden de resultaten van proefperiode 4 weergegeven.



Figuur 10 Resultaten van proefperiode 4. A: gemiddelde PM10 verwijderingsrendementen. B: gemiddelde PM10 concentraties (stippellijn: geadviseerde grenswaarde voor respirabel stof (~PM4) van 0,16 mg/m³; Ondoorbroken lijn: maximaal toegestane PM10 concentratie voor buitenlucht van 0,05 mg/m³). C: gemiddelde ventilatie-debiten. D: gemiddelde ammoniakconcentraties. Op de staven zijn standaard errors (SEM) weergegeven

Uit de figuur blijkt dat de resultaten in grote lijnen overeenkomen met de eerdere proefperioden. Er werden duidelijke reducties gevonden voor het IC-ionIC, de Olienippel en het Flimmer filter, voor het RCI en Airlife systeem werd geen stofverwijdering vastgesteld. Het olieconsumptie van de olienippels bedroeg ca. 6 ml per varken per dag, hetgeen overeen kwam met proefperiode 1. Hoewel de ventilatie-debiten tijdens proefperiode 4 net als tijdens proefperiode 1 uiteen lijken te lopen, hebben de afdelingen toch zeer identiek geventileerd.

3.3.5 Technische resultaten over de gehele proefperiode

In Tabel 1 zijn de technische resultaten over de gehele proefperiode weergegeven, uitgesplitst per stofreductietechniek.

Tabel 1 Technische resultaten over de gehele proefperiode, per stofreductietechniek

Kengetal	Eenheid	Stofreductietechniek (afdeling)					
		Controle	IC-ionIC	RCI	Olienippel	Airlife	Flimmer filter
Leeftijd bij opleggen	[dagen]	63.8	63.0	62.7	60.9	60.8	62.8
Leeftijd bij afvoeren	[dagen]	179.9	179.3	179.1	178.0	177.6	178.3
Gewicht bij opleggen	[kg]	21.1	22.0	22.1	20.4	20.5	21.8
Gewicht bij afvoeren	[kg]	112.9	113.0	114.6	113.6	112.8	113.3
Geslacht gewicht	[kg]	87.8	87.9	89.4	88.5	87.8	88.2
Voeropname	[kg/dag per dier]	1.90	1.89	1.97	1.91	1.94	2.05
Groei	[g/ dag per dier]	791	782	795	797	791	793
Voederconversie	[kg voer per kg groei]	2.41	2.41	2.48	2.40	2.45	2.59

Uit de tabel blijkt dat de voederconversie voor de drie afdelingen zonder luchtverplaatsing (Controle, IC-ionIC en Olienippel) sterk met elkaar overeenkomen (range: 2,40–2,41). Voor de twee technieken met een beperkte luchtverplaatsing zijn de voederconversies licht hoger, met 2,48 (RCI) en 2,45 (Airlife). Het systeem met de meeste luchtverplaatsing (Flimmer filter) heeft ook de hoogste voederconversie van 2,59. Deze hogere voederconversie hangt waarschijnlijk samen met de luchtverplaatsing die deze technieken genereren. De luchtverplaatsing geeft waarschijnlijk een koelend effect op de varkens, resulterend in een licht hogere onderhoudsbehoefte en een licht hogere voeropname per kg groei.

3.3.6 Karkas- en orgaanbemerkingen bij slachten

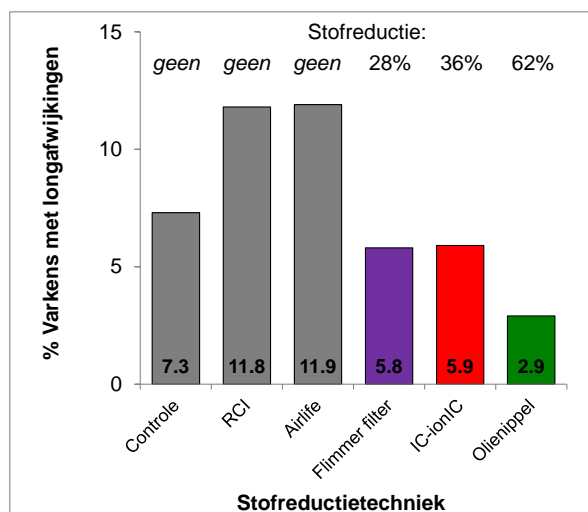
In Tabel 2 zijn de karkas- en orgaanbemerkingen bij het slachten weergegeven, uitgesplitst per stofreductietechniek.

Tabel 2 Karkas- en orgaanbemerkingen bij het slachten, per stofreductietechniek

Bemerking	Stofreductietechniek (afdeling)					
	Controle	IC-ionIC	RCI	Olienippel	Airlife	Flimmer filter
<i>Karkasbemerkingen:</i>						
Aantal beoordeeld	68	68	68	70	67	69
% zonder bemerkingen	75,0	85,3	89,7	90,0	88,0	89,9
% met een of meer bemerkingen	25,0	14,7	10,3	10,0	12,0	10,1
% pleuritis	5,9	5,9	5,9	5,7	6,0	4,3
% huidaandoeningen	7,3	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0
% pootaandoeningen	10,3	7,3	4,4	2,9	6,0	5,8
% pleuritis + pootaandoeningen	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
% pleuritis + huidaandoeningen	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Orgaanbemerkingen:</i>						
Aantal beoordeeld	68	68	68	70	67	69
% zonder bemerkingen	82,4	89,7	77,9	95,7	85,1	89,9
% met een of meer bemerkingen	17,6	10,3	22,1	4,3	14,9	10,1
% afgekeurde lever	8,8	4,4	8,8	1,4	1,5	2,9
% aangetaste longen	7,3	5,9	11,8	2,9	11,9	5,8
% aangetaste longen + lever	1,5	0,0	1,5	0,0	1,5	1,4

Opvallend is dat het 'percentage varkens met een of meer bemerking' zowel voor karkasbemerkingen als orgaanbemerkingen het laagste is in de afdeling met de olienippels (de afdeling met de laagste stofconcentratie). Verder is het 'percentage varkens met een of meer karkasbemerkingen' juist het hoogste in de controleafdeling waarin de stofconcentratie het hoogste is. Het 'percentage varkens met

een of meer orgaanbemerkingen' is het een-na-hoogste in de controleafdeling. Dit beeld suggereert dat het reduceren van de stofconcentratie in de stal een vermindering van het aantal karkas- en orgaanbemerkingen geeft. Een dergelijk effect zou dan het meest duidelijk zichtbaar moeten zijn in het aantal longafwijkingen. In Figuur 11 is het percentage varkens met longafwijkingen nog eens weergegeven per stofreductietechniek.



Figuur 11 Het percentage varkens met longafwijkingen bij het slachten, per stofreductietechniek. Weergegeven is ook het stofreductiepercentage van de technieken

Het beeld in Figuur 11 suggereert inderdaad dat het stofreducerend effect van drie technieken hand in hand gaat met een verbetering van het aantal longafwijkingen. Omdat bij dit beeld een logisch oorzakelijk werkingsmechanisme kan worden bedacht, en dit beeld meermaals in eerder onderzoek is gevonden (Donham, 1991; Wathes et al., 2004), is het waarschijnlijk dat het hier om een daadwerkelijk effect gaat. Echter - net als voor effecten op ammoniak - geldt dat meer herhalingen (in de ruimte en in de tijd) nodig zijn om deze conclusie met grote zekerheid te kunnen trekken.

3.3.7 Hokken met olienippels: gladheid, reiniging en huidafwijkingen

Tijdens de proef is door onderzoekers en diervverzorgers kritisch gekeken naar het eventueel minder stroef zijn van vloeren of hokafscheidingen in de afdeling met de olienippels; zowel voor hen zelf als voor de varkens. Dit is echter niet waargenomen. De vloeren van de hokken waren in het dagelijks betreden voor wat betreft stroefheid niet anders dan hokken van andere afdelingen. Deze ervaring is in overeenstemming met het feit dat bij het slachten geen groter aantal pootaandoeningen is geconstateerd voor de varkens uit de afdeling met de olienippels t.o.v. andere afdelingen en de controle (zie Tabel 2).

Tijdens de proef is door onderzoekers en diervverzorgers verder kritisch gekeken naar eventuele huidafwijkingen (verkleuring, schilfering, krassen, wondjes) van de varkens in de afdelingen met de olienippels. Ook dit is niet aangetroffen: de huid van de varkens in de hokken met olienippels week in geen opzicht af van die van varkens in andere hokken. Deze ervaring is in overeenstemming met het feit dat bij het slachten geen groter aantal huidaandoeningen is geconstateerd voor de varkens uit de afdeling met de olienippels t.o.v. andere afdelingen en de controle (zie Tabel 2).

Na afloop van de proefperiode zijn alle afdelingen schoongemaakt met een hogedrukspuit met freeskop. De afdeling met de olienippels verschilde niet van de overige afdelingen voor wat betreft de tijd of moeite nodig voor het schoonmaken. Tijdens de proefperiode was er geen olie zichtbaar in de hokken. Wel zat er een zeer dunne, vette laag op de hokafscheidingen van alle afdelingen; dit betrof echter huidvet.

4 Berekening van investeringen en jaarkosten

4.1 Uitgangspunten en rekenmethode

In dit hoofdstuk worden de investeringen en bijbehorende jaarkosten van de in hoofdstuk 3 beschreven technieken in beeld gebracht. Daarbij worden een aantal standaard uitgangspunten gehanteerd. De kosten zijn berekend voor een reguliere vleesvarkensstal met 4.200 dierplaatsen, zoals die in KWIN-V 2012-2013 staat weergegeven. Omdat de technieken niet in KWIN-V staan, zijn leveranciers benaderd voor een indicatie van de investeringsbedragen.

Jaarkosten investering

Het rentepercentage in de economische berekeningen bedraagt 5% (KWIN-V 2012-2013). Dit wordt berekend over het gemiddeld geïnvesteerd vermogen en komt neer op 2,5% rente over het investeringsbedrag. De percentages voor afschrijving (meestal 10%) en onderhoud (meestal 2%) zijn systeemafhankelijk en worden bij de betreffende techniek weergegeven.

Exploitatiekosten

De exploitatiekosten voor de weergegeven technieken bestaan uit elektraverbruik en in een geval olieverbbruik. De elektraprijs waarmee gerekend is, bedraagt €0,14 per kWh. De olie voor de olienippels kost €1,80 per liter.

4.2 Kosten IC-ionIC

In Tabel 1 worden de investeringen en jaarkosten van het IC-ionIC voor een vleesvarkensstal weergegeven. De afschrijvingstermijn voor het systeem bedraagt 10 jaar. Inclusief rente en onderhoud bedraagt het percentage jaarkosten circa 14,5%.

Tabel 3 Extra investeringskosten en jaarkosten IC-ionIC (bedragen excl. BTW)

	Investering (€) Excl. BTW	Jaarkosten (%)	Jaarkosten (€) Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	80.000	14,5%	11.600
Totaal	80.000		11.600
Totaal pdp ¹	19,00		2,76
Exploitatiekosten pdp ¹			0,42
Totale kosten pdp ¹			3,18

Totale kosten per 10 procent verlaging van de stofconcentratie: € 0,88

Er zijn vooral extra jaarkosten vanwege de investeringen en elektriciteit. De exploitatiekosten door extra elektriciteit (3 kWh per dierplaats per jaar) bedragen €0,42. Er is geen verbetering van technische resultaten. De kosten zullen toenemen met €3,18 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van €13.400 per jaar.

4.3 Kosten Radiant Catalytic Ionizing (RCI) systeem

In Tabel 2 worden de investeringen en jaarkosten van het RCI systeem voor een vleesvarkensstal weergegeven. De afschrijvingstermijn voor het systeem bedraagt 10 jaar. Inclusief rente en onderhoud bedraagt het percentage jaarkosten circa 14,5%.

Tabel 4 Extra investeringskosten en jaarkosten RCI systeem (bedragen excl. BTW), voor nieuw te bouwen stallen

	Investering (€) Excl. BTW	Jaarkosten (%)	Jaarkosten (€) Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	32.000	14,5%	4.650
Totaal	32.000		4.650
Totaal pdp ¹	7,60		1,11
Exploitatiekosten pdp ¹			0,84
Totale kosten pdp ¹			1,95

Er zijn vooral extra jaarkosten vanwege de investeringen en elektriciteit. De exploitatiekosten door extra elektriciteit (6 kWh per dierplaats per jaar) bedragen €0,84. Er is geen verbetering van technische resultaten. De kosten zullen toenemen met €1,95 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van €8.200 per jaar.

In Tabel 3 worden de investeringen en jaarkosten van het RCI systeem weergegeven voor bestaande stallen.

Tabel 5 Extra investeringskosten en jaarkosten RCI systeem (bedragen excl. BTW), voor bestaande stallen

	Investering (€) Excl. BTW	Jaarkosten (%)	Jaarkosten (€) Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	58.000	14,5%	8.400
Totaal	58.000		8.400
Totaal pdp ¹	13,80		2,00
Exploitatiekosten pdp ¹			0,84
Totale kosten pdp ¹			2,84

Uit de tabel blijkt dat voor bestaande stallen de investeringskosten van met name het Ductstation aanzienlijk hoger liggen. De kosten zullen voor bestaande stallen toenemen met €2,84 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van bijna €12.000 per jaar.

4.4 Kosten Olienippels

In Tabel 4 worden de investeringen en jaarkosten van de olienippels voor een vleesvarkensstal weergegeven. De afschrijvingstermijn voor het systeem bedraagt 10 jaar. Inclusief rente en onderhoud bedraagt het percentage jaarkosten circa 14,5%.

Tabel 6 Extra investeringskosten en jaarkosten van de olienippels (bedragen excl. BTW)

	Investering (€) Excl. BTW	Jaarkosten (%)	Jaarkosten (€) Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	50.000	14,5%	7.200
Totaal	50.000		7.200
Totaal pdp ¹	11,90		1,70
Exploitatiekosten pdp ¹			3,60
Totale kosten pdp ¹			5,30

Totale kosten per 10 procent verlaging van de stofconcentratie: € 0,86

Naast de extra jaarkosten vanwege de investeringen zijn er ook exploitatiekosten door het oliegebruik van circa 2 liter per dierplaats per jaar. Dit kost € 3,60. Er is geen verbetering van technische resultaten. De kosten zullen toenemen met € 5,30 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van € 22.300 per jaar.

4.5 Kosten Airlife systeem

In Tabel 5 worden de investeringen en jaarkosten van het Airlife systeem voor een vleesvarkensstal weergegeven. De afschrijvingstermijn voor het systeem bedraagt 10 jaar. Inclusief rente en onderhoud bedraagt het percentage jaarkosten circa 14,5%.

Tabel 7 Extra investeringskosten en jaarkosten van het Airlife systeem (bedragen excl. BTW)

	Investering (€) Excl. BTW	Jaarkosten (%)	Jaarkosten (€) Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	130.000	14,5%	18.900
Totaal	130.000		18.900
Totaal pdp ¹	31		4,50
Exploitatiekosten pdp ¹			12,60
Totale kosten pdp ¹			17,10

Naast de extra jaarkosten vanwege de investeringen zijn er aanzienlijke exploitatiekosten voor elektra. De exploitatiekosten door extra elektriciteit (90 kWh per dierplaats per jaar) bedragen € 12,60. Er is geen verbetering van technische resultaten. De kosten zullen toenemen met € 17,10 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van € 72.000 per jaar.

4.6 Kosten Flimmer filter

In Tabel 6 worden de investeringen en jaarkosten van het Flimmer filter in een vleesvarkensstal weergegeven. De afschrijvingstermijn voor het systeem bedraagt 10 jaar. Inclusief rente en onderhoud bedraagt het percentage jaarkosten circa 12,5%. Daar komen de kosten van vervanging van filters en service nog bij.

Tabel 8 Extra investeringskosten en jaarkosten van het Flimmer filter (bedragen excl. BTW)

	Investering (€)	Jaarkosten	Jaarkosten (€)
	Excl. BTW	(%)	Excl. BTW
Bouwkundig			
Installaties	70.000	12,5%	8.750
Totaal	70.000		8.750
Totaal pdp ¹	16,67		2,08
Vervanging filters			9.450
Exploitatiekosten pdp ¹			5,05
Totale kosten pdp ¹			7,13

Totale kosten per 10 procent verlaging van de stofconcentratie: € 2,55

Naast de extra jaarkosten vanwege de investeringen zijn er aanzienlijke exploitatiekosten door de frequente vervanging van de filters (drie keer per jaar een voorfilter en één keer per jaar het Flimmer filter). De exploitatiekosten door extra elektriciteit (20 kWh per dierplaats per jaar) bedragen € 2,80. Er is geen verbetering van technische resultaten. De kosten zullen toenemen met € 7,13 per dierplaats voor vleesvarkens. Voor het standaardbedrijf geeft dit een kostenstijging van € 30.000 per jaar.

5 Conclusies

Uit dit onderzoek (met de beschreven proefopzet en de huidige stand der technieken) worden de volgende conclusies getrokken.

- Het IC-ionIC verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 36%. Deze reductie is zeer constant over de groeiperiode van de varkens. Het systeem produceert geen of weinig (minder dan meetbaar) ozon. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 0,6 kWh per dag (25 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 3,18 per varkensplaats per jaar.
- Het RCI systeem heeft geen effect op de concentratie van PM10 stof, de reductie bedraagt gemiddeld 0,1%. Het systeem produceert ozon, maar op afstanden groter dan 30 cm van de uitblaasopening is dit reeds niet meer te meten. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 1,2 kWh per dag (50 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 2,84 per varkensplaats per jaar.
- De olienippel verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 62%. Deze reductie is zeer constant over de groeiperiode van de varkens. Het olieverbbruik van het systeem bedraagt 6 ml/dag per varken. Het systeem heeft geen zichtbaar effect op de huid van de varkens. De jaarkosten van het systeem bedragen € 5,30 per varkensplaats per jaar.
- Het Airlife systeem heeft geen effect op de concentratie van PM10 stof, de reductie bedraagt gemiddeld 3,4%. Het systeem produceert ozon, maar op afstanden groter dan 30 cm van de uitblaasopening is dit reeds niet meer te meten. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 19,5 kWh per dag (813 W). De jaarkosten van het systeem bedragen € 17,10 per varkensplaats per jaar.
- Het Flimmer filter verlaagt de concentratie van PM10 stof met gemiddeld 28%. De reductie varieerde tussen 23 en 39%. Het elektriciteitsverbruik van het systeem voor een afdeling met 72 varkens bedraagt ca. 4,2 kWh per dag (176 W; recirculatie-debiet op 75% van het maximum). De jaarkosten van het systeem bedragen € 7,13 per varkensplaats per jaar.
- Voor alle technieken is een lagere ammoniakconcentratie gevonden t.o.v. de controle; ook voor technieken waarbij ammoniakverwijdering op grond van het werkingsprincipe niet mogelijk is (Flimmer filter) of waarbij dit in eerder onderzoek niet is gevonden (IC-ionIC; bij pluimvee). De ventilatiedebieten, het aantal varkens, de mate van hokbevuiling, enzovoort, waren zeer vergelijkbaar tussen de proefafdelingen. Dit verschil moet waarschijnlijk worden toegeschreven aan een relatief hoge concentratie in de controleafdeling. Gezien hun werkingsprincipe hebben het RCI systeem, Airlife systeem en de Olienippel daarnaast mogelijk een effect op de ammoniakconcentratie. Of deze technieken werkelijk een ammoniakverlaging bewerkstelligen kan op grond van dit onderzoek niet met zekerheid worden geconcludeerd. Een proefopzet met meer herhalingen (in de ruimte en in de tijd) en met een nauwkeuriger meetmethode (bijvoorbeeld met natchemische ammoniakmetingen) kan hierover zekerheid geven.
- De varkens uit de drie afdelingen met technieken die de PM10 concentratie verlagen (IC-ionIC, Flimmer filter en Olienippel) laten minder longafwijkingen bij het slachten zien dan de varkens uit de afdelingen zonder wezenlijke stofreductie (Controle, RCI en Airlife). Verder onderzoek is vereist om te bepalen of dit effect reproduceerbaar is.
- Voor geen van de vijf stofreductietechnieken is een wezenlijke verbetering gevonden van de technische resultaten. Een licht hogere voederconversie in de afdelingen met het RCI systeem, Airlife systeem en Flimmer filter houdt mogelijk verband met een licht hogere onderhoudsbehoefte van de varkens t.g.v. een hogere luchtstroming door deze systemen.

Literatuur

- Aarnink, A. J. A., M. Cambra-López, T. L. H. Lai, and N. W. M. Ogink. 2011. *Deeltjesgrootteverdeling en bronnen van stof in stallen [Size distribution and sources of particulate matter in animal houses]*. Report 452. Lelystad, the Netherlands: Wageningen University and Research Centre, Livestock Research.
- Bongers, P., D. Houthuijs, B. Remijn, R. Brouwer, and K. Biersteker. 1987. Lung function and respiratory symptoms in pig farmers. *BR. J. IND. MED.* 44(12):819-823.
- Cambra-Lopez, M., A. Winkel, J. Mosquera, N. W. M. Ogink, and A. J. A. Aarnink. 2012. Comparison between light scattering and gravimetric devices for sampling PM10 mass concentration in livestock houses. In *Ninth International Livestock Environment Symposium (ILES IX), 8-12 July 2012*. Valancia, Spain: ASABE.
- Cambra-López, M., A. Winkel, J. Van Harn, N. W. M. Ogink, and A. J. A. Aarnink. 2009. Ionization for reducing particulate matter emissions from poultry houses. *Trans. ASABE* 52(5):1757-1771.
- CIGR. 2002. *4th Report of Working Group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels (eds. Pedersen, S. and K. Sällvik)*. International Commission of Agricultural Engineering (CIGR), Section II.
- Donham, K., and D. Cumro. 1999. Setting Maximum Dust Exposure Levels for People and Animals in Livestock Facilities. In *International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities*, 93-110. Scandinavian Congress Center, Aarhus, Denmark.
- Donham, K. J. 1991. Association of environmental air contaminants with disease and productivity in swine. *American Journal of Veterinary Research* 52(10):1723-1730.
- Ogink, N. W. M., and A. J. A. Aarnink. 2011. *Plan van aanpak bedrijfsoplossingen voor fijnstofreductie in de pluimveehouderij [Plan of action for particulate matter mitigation solutions in poultry]*. Report 113. Lelystad, the Netherlands: Animal Sciences Group, Wageningen University and Research Centre.
- Osman, S. P. L., R. M. Kay, and J. E. Owen. 1999. Dust Reduction in Pig Buidlings using an Applicator to spread Oil Directly onto Pigs.
- Pedersen, S., V. Blanes-Vidal, H. Joergensen, A. Chwalibog, A. Haeussermann, M. J. W. Heetkamp, and A. J. A. Aarnink. 2008. Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review (Manuscript BC 08 008). *Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal X*.
- Preller, L. 1995. Respiratory health effects in pig farmers. Prof.dr. J.S.M. Boleij, prof.dr.ir. M.J.M. Tielen (supervisors); dr.ir. D.J.J. Heederik (co-supervisor). Wageningen Agricultural University, the Netherlands (1995) 173 pp.
- Takai, H., S. Pedersen, J. O. Johnsen, J. H. M. Metz, P. W. G. Groot Koerkamp, G. H. Uenk, V. R. Phillips, M. R. Holden, R. W. Sneath, J. L. Short, R. P. White, J. Hartung, J. Seedorf, M. Schröder, K. H. Linkert, and C. M. Wathes. 1998. Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *J. Agric. Eng. Res.* 70(1):59-77.
- Van der Gulden, J. P., P. Vogelzang, C. Van Schayck, and H. Folgering. 2002. Longaandoeningen en werkgebonden risicofactoren bij varkenshouders. *Huisarts en Wetenschap* 45:10-14.
- Vogelzang, P. F. J., J. W. J. Van Der Gulden, H. Folgering, J. J. Kolk, D. Heederik, L. Preller, M. J. M. Tielen, and C. P. Van Schayck. 1998. Endotoxin exposure as a major determinant of lung function decline in pig farmers. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 157(1):15-18.
- Wathes, C. M., T. G. M. Demmers, N. Teer, R. P. White, L. L. Taylor, V. Bland, P. Jones, D. Armstrong, A. C. J. Gresham, J. Hartung, D. J. Chennells, and S. H. Done. 2004. Production responses of weaned pigs after chronic exposure to airborne dust and ammonia. *Animal Science* 78:87-97.
- Winkel, A., J. Mosquera, J. W. H. Huis in't Veld, N. W. M. Ogink, and A. J. A. Aarnink. 2011a. *Maatregelen ter vermindering van fijnstofemissie uit de pluimveehouderij: validatie van een ionisatiesysteem op vleeskuikenbedrijven [Measures to reduce fine dust emission from poultry: validation of an ionization system on broiler farms]*. Report 462. Lelystad, the Netherlands: Wageningen University and Research Centre, Livestock Research.
- Winkel, A., M. M. A. H. H. Smolders, A. J. A. Aarnink, and N. W. M. Ogink. 2011b. *Plan van aanpak voor ontwikkeling van fijnstofreductiemethoden in varkensstallen [Plan of action for development of dust reduction principles inside pig houses]*. Report 395. Lelystad, the Netherlands: Wageningen University and Research Centre, Livestock Research.

Bijlagen

Bijlage 1 Details van de proefafdelingen

De zes proefafdelingen in dit onderzoek werden gecreëerd door drie afdelingen (N2, N3 en N9) over de voergang d.m.v. landbouwplastic luchtdicht te scheiden. De subafdelingen waren identiek van afmetingen:

Lengte (diepte)	15 m
Breedte	5,7 m
Plafondhoogte	2,75 m
Oppervlak	86 m ²
Inhoud	235 m ³

In elke afdeling werden ca. 72 varkens opgelegd. Ook het voersysteem, de verhouding dichte vloer/roostervloer, de verlichting en de ventilatie waren identiek tussen de afdelingen. Het ventilatiesysteem bestond uit grondkanaalventilatie. De luchtafvoer was mechanisch, met ventilatoren in het hoofdkanaal en smoorunits in de ventilatiekokers in de afdelingen (Ø 50 cm, max. ca. 7000 m³/uur, ca. 97 m³/uur per varken) in de hoeken nabij de centrale gang, boven het eerste hok.

De proefbehandelingen worden als volgt verdeeld over de afdelingen:

N3-links	IC-ionIC
N3-rechts	RCI systeem
N4-links	Olienippel
N4-rechts	Airlife systeem
N9-links	Referentie
N9-rechts	Flimmer filter



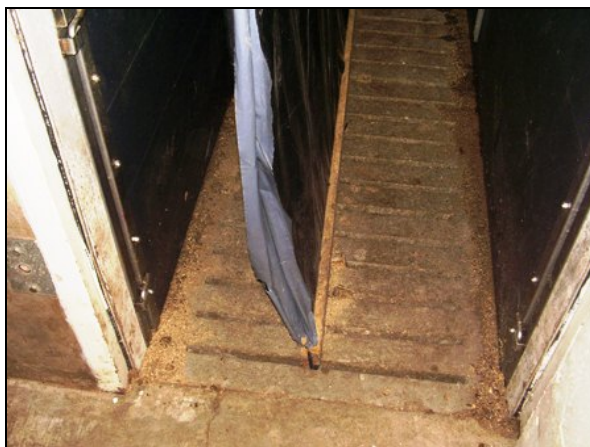
Overzicht afdeling



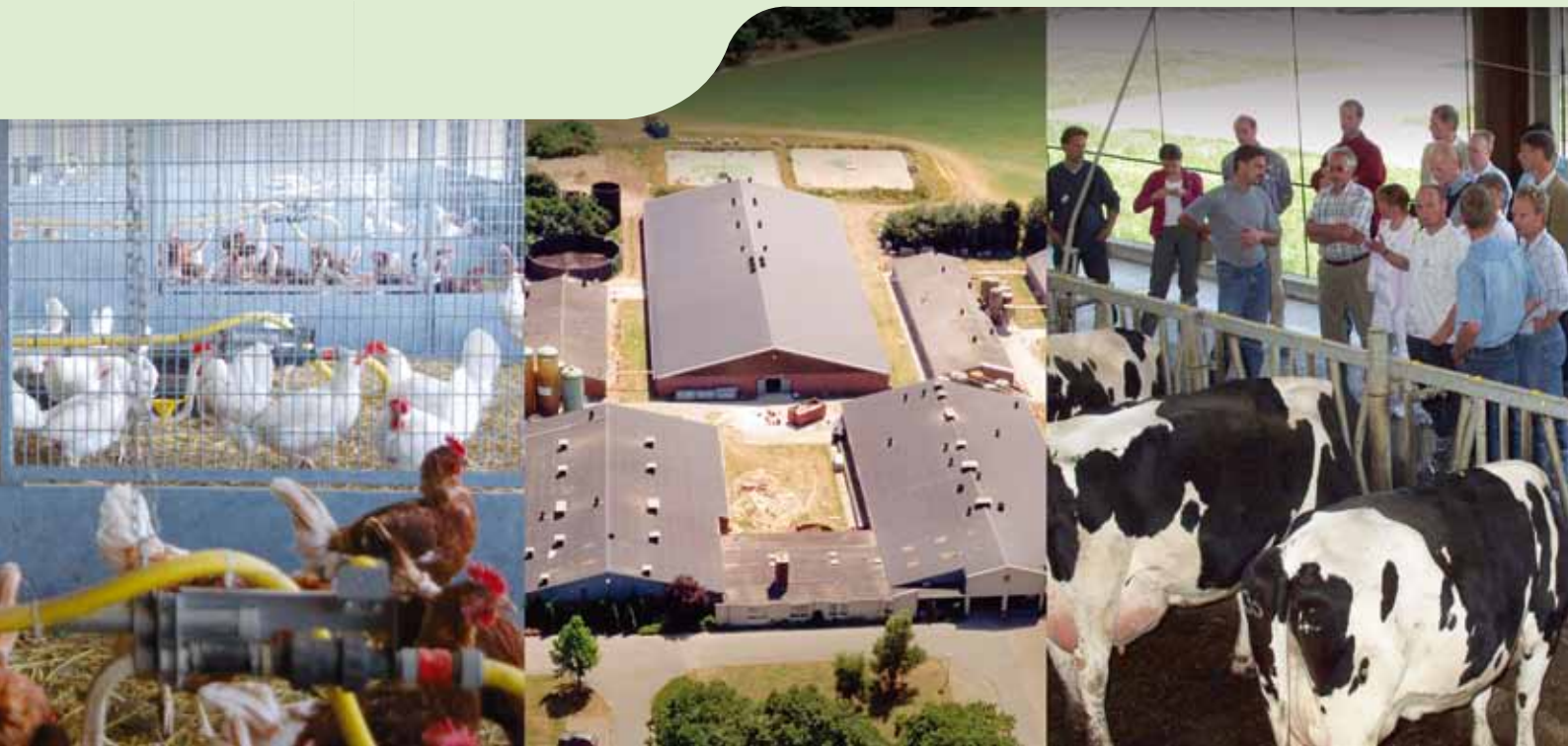
Plaats ventilatiekoker



Luchtinlaat, hokafdeling en vloer in hokken



Afscheiding over de voergang



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl